

第四纪洞庭盆地临澧凹陷构造 — 沉积特征与环境演化

柏道远^{1,2}, 刘波³, 李长安², 马铁球¹, 王先辉¹, 彭云益¹

(1. 湖南省地质调查院, 湖南长沙 410011; 2. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 湖北武汉 430074;

3. 湖南省常德市地质环境监测站, 湖南常德 415000)

摘要: 临澧凹陷为第四纪洞庭盆地西部的一个次级构造单元, 居于武陵隆起和太阳山隆起之间。通过地表地质调查和钻孔资料对临澧凹陷第四纪构造—沉积特征与环境演化进行了研究。凹陷呈SN向, 全长约55 km, 宽5~10 km。受SN向雷公庙断裂和渐水断裂控制, 凹陷中央形成断槽。凹陷分为南、北两段, 其间前第四纪基底上凸。在凹陷北段, 中央断槽内为最厚达270 m的中更新世洞庭湖组, 其主体为含砾粘土与粘土互层, 顶部为粘土、含粉砂质粘土; 断槽东面自西向东依次为中更新世中期白沙井组(含粉砂质)湖相粘土和更新世残坡积层; 断槽西面依次为白沙井组(含粉砂质)湖相粘土和中更新世早期新开铺组砾石层, 后者组成基座阶地。在凹陷南段, 中央断槽内中更新世早期—中期沉积厚100 m左右, 顶部为湖相粘土, 往下为冲积层; 断槽东面发育白沙井组冲积砂砾层; 断槽西面依次发育白沙井组和新开铺组, 前者自下而上分别为冲积含砾砂层和湖相粘土, 后者为冲积砂砾层并组成堆积阶地。根据地貌、沉积和断裂特征, 重塑临澧凹陷构造活动与环境演化过程: 中更新世早期渐水由西部进入临澧凹陷区后向南汇入沅水, 于凹陷南段形成冲积层; 同时来自西面山地的次级水系于凹陷西缘形成砾石层。中更新世中期受两侧正断裂控制中央断槽开始形成并接受沉积, 其中北段断槽形成相对封闭的湖泊, 南段断槽为河流环境; 与此同时, 断槽西面相对抬升并遭受剥蚀, 稍后南段尚形成白沙井组冲积层。中更新世中后期临澧凹陷南、北段均产生扩张并处于湖泊环境, 于中央断槽和两侧边缘形成泥质沉积。中更新世晚期构造反转, 临澧凹陷整体抬升、遭受剥蚀且地表粘土发生网纹化, 同时具有自西向东的掀斜, 造成凹陷西侧水系更为发育。晚更新世因切割和剥蚀而形成丘岗地貌, 并形成改造型或坡积型的褐色铁锰裂隙土。临澧凹陷的形成受控于区域伸展断陷背景, 并可能与断裂走滑拉分有关。

关键词: 第四纪; 临澧凹陷; 断陷沉降; 沉积; 环境演化

中图分类号: P546 X141

文献标识码: A

前人对湖南北部洞庭盆地的第四纪地质特征进行了大量研究^[1-14], 但受工作程度与认识角度的限制, 对有关问题的认识尚存在一定分歧。在盆地第四纪构造属性方面, 有“断陷盆地”^[5-16], “坳陷盆地”^[6-11], “先断陷后坳陷”^[4-15]等多种观点。对于盆地形成的动力背景和机制, 刘锁旺等^[12]提出江汉洞庭盆地第四纪以来存在非对称扩张, 其成因主要

与NW、NE向断裂的走滑拉分或走滑挤压活动有关; 薛宏交等^[13]认为至少全新世以来江汉—洞庭盆地普遍沉降, 并由盆地内NNE向断裂在NE向挤压、SE向拉伸构造应力产生顺扭正断所致。在近代洞庭湖演变成因方面, 有人主张构造沉降是控制近代洞庭湖演变的关键因素^[2, 4, 14], 有人则强调泥沙淤积才是控制近代洞庭湖演变的主要因素^[17]。此外,

收稿日期 (Received date): 2010-03-11; **改回日期 (Accepted):** 2010-08-05.

基金项目 (Foundation item): 1: 25万常德市幅和岳阳市幅区域地质调查 (1212010610706) 和国家自然科学基金项目 (40771213)。[Regional geological survey of 1: 250 000 Changde and Yueyang Sheets No. 1212010610706 and National Natural Science Foundation of China No. 40771213.]

作者简介 (Biography): 柏道远 (1967-), 男, 湖南澧县人, 研究员级高级工程师, 近年来主要研究方向为第四纪地质学、构造学。[Bai Daoyuan (1967-), male, born in Lixian, Hunan, senior engineer, mainly engages in the study of Quaternary geology and tectonics.] E-mail: daoyuanba@sina.com

不同研究者对洞庭盆地第四纪气候变化期的划分^[5-8]互不一致。以上表明,洞庭盆地第四纪构造活动及环境演化等尚待进一步深入研究。

笔者近年来在该地区进行的 1:25 万区域地质调查表明,洞庭盆地及周缘地区第四纪构造活动与沉积作用存在较明显的横向分异^[18-27]。因此,对不同构造单元的第四纪地质特征进行详细解剖,有助于更全面、更客观地认识洞庭盆地第四纪地质特征及构造活动规律。本文即对洞庭盆地西缘临澧凹陷的第四纪构造-沉积特征及环境演化进行探讨,以为洞庭盆地第四纪地质研究补充新的资料。

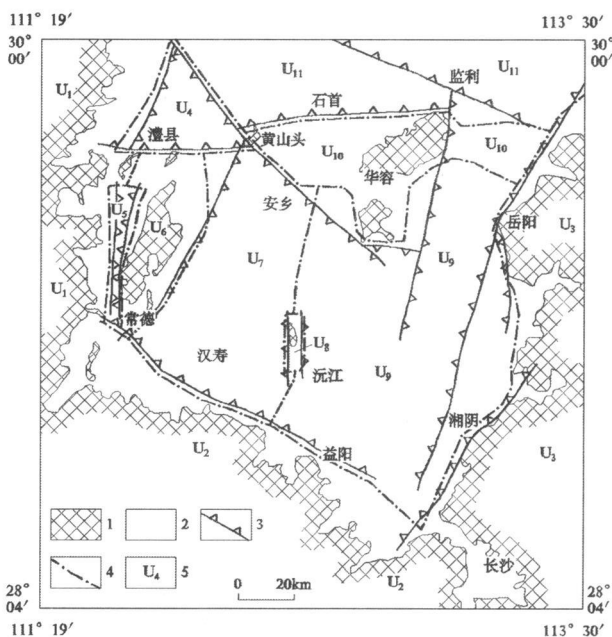
1 区域地质背景

洞庭盆地位于江南造山带北缘,中生代以来相继经历了晚三叠世-侏罗纪陆内 SN 向挤压造山^[28]、白垩纪-古近纪伸展断陷^[29]、新近纪挤压抬升、第四纪再次沉降沉积的地质发展过程。第四纪期间洞庭盆地的总体沉降范围与白垩纪-古近纪相近,但具体构造格局暨次级构造单元的展布特征存在一定差异。从沉降特征出发,厘定第四纪洞庭盆地及周缘构造单元划分方案如图 1 所示¹⁾。第四纪洞庭盆地西、南、东三面分别为武陵隆起、雪峰隆起和幕阜山隆起;北为江汉盆地,二者在西段相接,东段以华容(次级)隆起相隔。洞庭盆地由澧县凹陷、临澧凹陷、太阳山隆起、安乡凹陷、赤山隆起和沅江凹陷等次级构造单元组成,具有复杂的隆-凹构造格局。隆起区多为低山丘陵与岗状平原,第四纪期间以抬升为主,因此多为基岩出露,第四系厚度较小并组成多级阶地。凹陷区多为波状与低平原,第四纪期间有较大幅度沉降,不同时代沉积上下叠置,沉积厚度较大。上述隆-凹构造格局主要受第四纪正断裂控制(见图 1)。

需要注意的是,由于第四纪期间洞庭盆地的总体沉降范围与白垩纪-古近纪相近,上述部分第四纪构造单元的名称(如武陵隆起、雪峰隆起、幕阜山隆起、华容隆起等)沿用晚中生代命名,不过其构造意义并不相同。

2 临澧凹陷地质地貌概况

第四纪临澧凹陷位于武陵隆起和太阳山(次



1- 前第四纪地层出露区; 2- 第四纪地层出露区; 3- 第四纪正断裂, 齿向示下降盘; 4- 构造单元分界线; 5- 构造单元代号。构造单元名称: U_1 -武陵隆起; U_2 -雪峰隆起; U_3 -幕阜山隆起; U_4 -澧县凹陷; U_5 -临澧凹陷; U_6 -太阳山隆起; U_7 -安乡凹陷; U_8 -赤山隆起; U_9 -沅江凹陷; U_{10} -华容隆起; U_{11} -江汉盆地

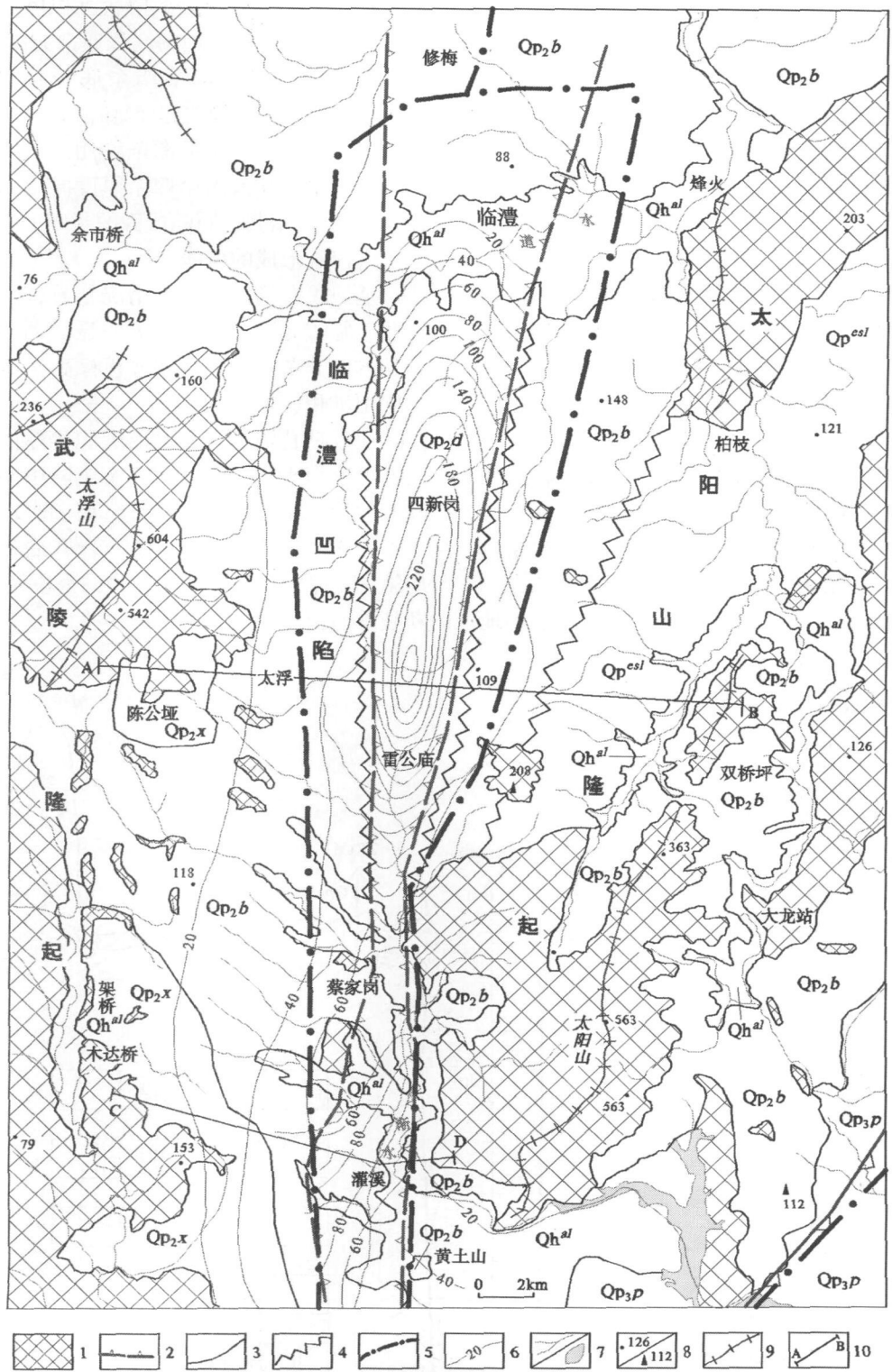
图 1 第四纪洞庭盆地构造格局

Fig 1 Map showing Quaternary Dongting Basin tectonic framework

级)隆起之间(见图 1),北自临澧以北,南至沅水河边,全长约 55 km(图 2)。凹陷现为一 SN 向谷地,具丘岗地貌特征^[27];地表海拔一般 75~190 m,总体自中央向两侧渐高。凹陷北部和南部分属澧水和沅水水系,太浮至雷公庙一带为两大水系的分水岭所在;北部主干河流为道水,南部主干河流为渐水。无论北部还是南部,凹陷西侧水系发育程度均远高于东侧(见图 2)。

凹陷及外缘第四纪沉积主要有中更新世新开铺组、白沙井组和洞庭湖组,另有少量全新世冲积以及更新世残坡积等(见图 2)。其中新开铺组分布于凹陷西缘,残坡积分布于凹陷东缘,白沙井组分布于凹陷两侧,洞庭湖组分布于凹陷中央,全新统分布于北部道水和南部渐水两侧。顺便说明,新开铺组和白沙井组属洞庭盆地周缘露头区或抬升区地层系统,二者一般组成堆积或基座阶地,前者早于后者;洞庭湖组属覆盖区或凹陷区地层系统,时代上对应于新开铺组和白沙井组^[18, 21, 23, 25, 26]。

1)湖南省地质调查院. 1:25万常德市幅区域地质调查报告, 1:25万岳阳市幅区域地质调查报告, 2009.



1. 前第四纪基岩; 2. 控盆控凹正断裂, 齿向下降盘; 3. 地质体界线; 4. 相变界线; 5. 第四纪构造单元分界; 6. 第四纪沉积等厚线及厚度值; 7. 河流/湖泊水面; 8. 高程点与高程值/山峰与高程; 9. 山脊线; 10. 第四纪地质剖面位置, A—B 对应图 3, C—D 对应图 4。Qh^{al}—全新世冲积; Qp^p—晚更新世坡头组; Qp^d—中更新世洞庭湖组; Qp^b—中更新世白沙井组; Qp^x—中更新世新开铺组; Qp^{sl}—更新世残坡积; Qp^{nl}—更新世洪积

图 2 临澧凹陷及周缘综合地质地貌图

Fig. 2 Geological-geomorphologic sketch map of Linli sag and its periphery

3 临澧凹陷构造 – 沉积特征

3.1 控凹正断裂的厘定及凹陷构造分带

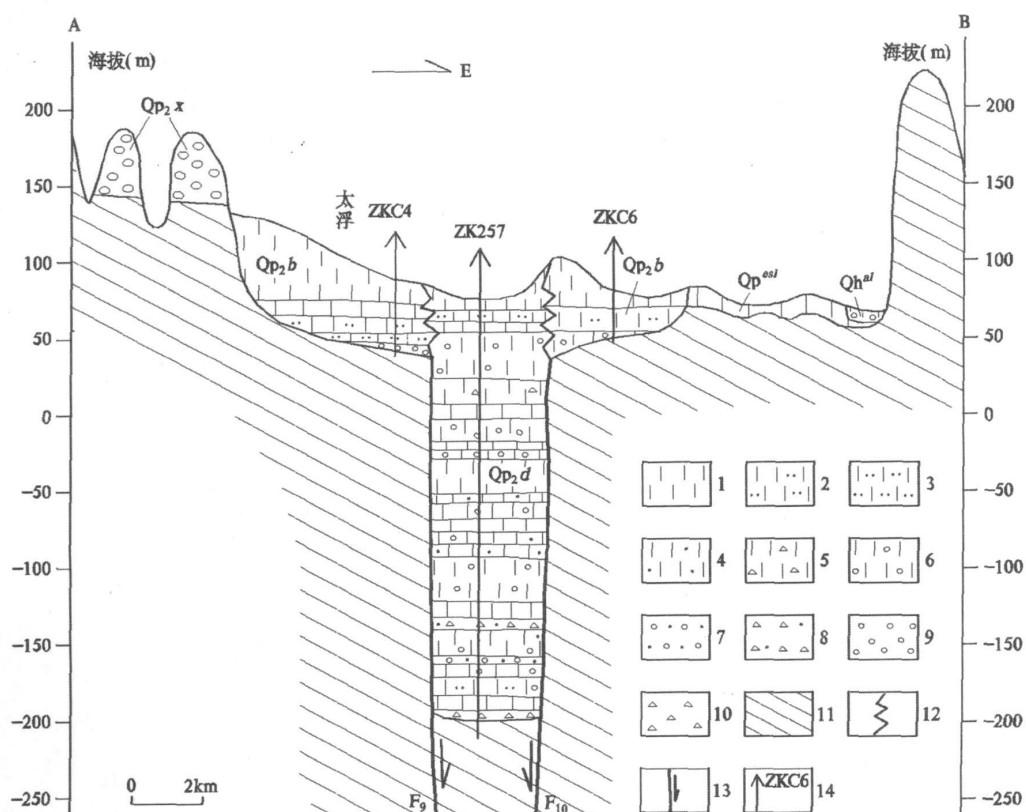
临澧凹陷内发育两条 SN 向正断裂, 即渐水断裂(东面)和雷公庙断裂(西面)(见图 2)。尽管地表未见其露头形迹, 但沉积物厚度暨第四系底板高程自中央向东、西两侧的突变可确证其存在。如凹陷北段沿 A—B 剖面线, 断陷中央 ZK257 孔第四系底板标高为 -201.9 m, 往西 2.2 km 后的 ZKC4 孔第四系底板标高为 42.7 m, 往东 3.1 km 后的 ZKC6 孔第四系底板标高为 51.7 m(图 3)。如无两侧正断裂的控制, 不可能在如此短距离内底板高差达 250 m 左右。再如凹陷南段灌溪一带 ZK94 孔第四系底板标高为 -44.4 m, 而往东约 300 m 底板标高即达 40 m(图 4)。两条正断裂所夹区域形成断陷深槽(以下称中央断槽)。

值得指出的是, 理论上沿先期河谷或岩溶谷地

的充填也可形成第四纪深槽状沉积体, 不过在此情况下谷底或沉积体底面的高程通常会高于河流侵蚀基准面。而临澧凹陷第四系底板标高最低可达 -200 m 以下, 显然不能由深切河谷充填来解释, 只可能由正断裂控制下的断陷作用造成。此外, 临澧凹陷北部中央断槽内第四系厚度向南、北两端变薄(见图 2), 显示其为断陷成因的封闭槽盆, 亦可排除继承古河谷形成的可能。

从地貌及第四系分布情况来看, 两条控凹断陷往北于临澧北面中止或已无明显活动, 因为沿断裂延伸方向分布基岩丘陵或底板标高达 50 m 以上的第四纪堆积(中更新统)。

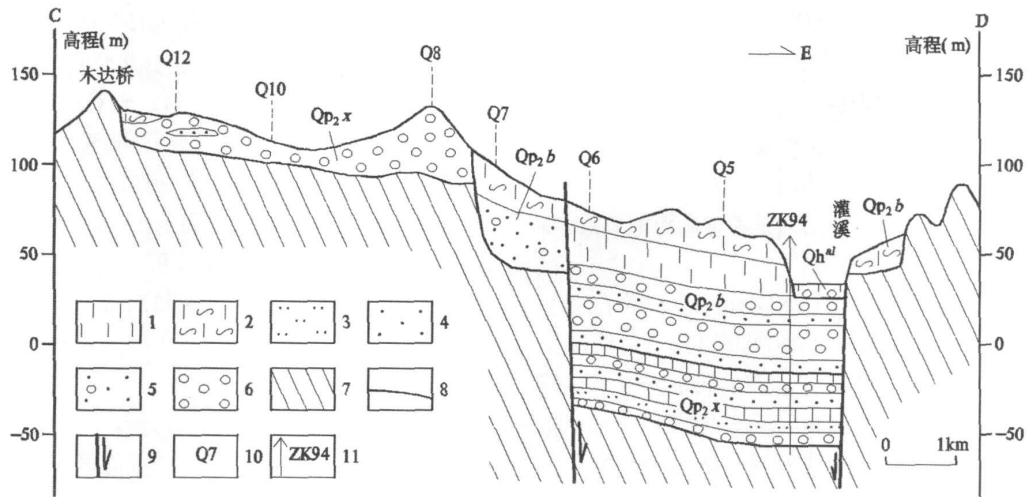
通过钻孔资料所编制的沉积等厚图显示, 中央断槽可分为南、北两段, 其各有沉降中心, 且北段沉降幅度远大于南段(见图 2)。南、北段过渡地带位于蔡家岗一带, 第四纪沉积厚度薄、底板高, 有较多前第四纪基岩出露。中央断槽的分段性反映两侧正断裂垂向位移量的横向不均一性。



1—粘土; 2—含粉砂粘土; 3—粉砂质粘土; 4—含砂质粘土; 5—含角砾或岩块粘土; 6—含砾粘土; 7—砂砾石层; 8—含砂角砾层; 9—砾石层; 10—角砾层; 11—前第四纪基岩; 12—露头区与覆盖区地层界线; 13—控凹正断裂; 14—钻孔位置及编号。Qh^{al}—全新世冲积; Qp_{2b}—中更新世白沙井组; Qp_{2x}—中更新世新开铺组; Qp_{2d}—中更新世洞庭湖组; Qp^{sl}—更新世残坡积层; F₉—雷公庙断裂; F₁₀—渐水断裂

图 3 临澧凹陷太浮—丁家坪第四纪地质剖面(剖面位置见图 2)

Fig 3 Taifu-Dingjaping Quaternary geological section across Linli sag (location is shown in Fig. 2)



1. 粘土; 2. 网纹红土; 3. 粉砂; 4. 砂; 5. 含砾砂; 6. 砾石层; 7. 基座或前第四纪基岩; 8. 地层单位界线; 9. 控凹正断裂;
10. 野外观察点号; 11. 钻孔位置及编号。Qh^{al}—全新世冲积; Qp₂b—中更新世白沙井组; Qp₂x—中更新世新开铺组

图 4 灌溪—木达桥第四纪地质剖面 (剖面位置见图 2)

Fig 4 Guanxi-Mudaoqiao Quaternary geological section across Linli sag (location is shown in Fig 2)

3.2 临澧凹陷第四纪沉积特征

如前所述, 临澧凹陷可分为各有其沉降中心的南、北两段。受构造与古地理背景控制, 北段与南段的第四纪沉积存在显著差异, 因此以下分别阐述。

3.2.1 凹陷北段第四纪沉积特征

1. 典型钻孔沉积层序

在渐水断裂和雷公庙断裂之间的深断槽内为最厚达 270 m 的洞庭湖组, 两侧为厚 40 m 左右的白沙井组 (见图 3), 地表均主要出露网纹红土。前人曾于中央深槽部位施工 ZK257 钻孔 (00939 部队, 1978, 资料转收自湖南地勘局水文二队), 作了较详细的岩性编录, 并进行了古地磁、重砂等分析测试。本次工作于该孔东、西两侧分别新施工 ZKC6 孔和 ZKC4 孔, 从而基本控制了凹陷东西向剖面形态与沉积层序 (见图 3)。

ZKC4 孔中第四系为白沙井组, 总厚 46.3 m, 下伏基岩为志留系龙马溪组黑色硅质板岩。白沙井组自下而上依次为: ①砂砾石层, 厚 5.3 m, 砾石成分主要为板岩, 少量砂岩; 砾石粒度 0.5~2 cm, 多为棱角~次棱角状。④灰绿、浅灰、黄白色 (含) 粉砂质粘土, 厚 11.8 m, 局部层位含极少量大小 2 cm 左右的砾石。④灰绿、灰黄、黄绿、褐红色粘土, 厚 11.6 m。④灰白、淡黄色粘土, 厚 14.9 m; 中部含少量细砾石; 粘土层中发育水平层理或条带状构造。⑤红黄、土黄色含粉砂质粘土, 厚 2.7 m, 具网纹构造。

ZKC6 孔中第四系也为白沙井组, 总厚 32.3 m,

下伏基岩为寒武系污泥塘组云质灰岩。白沙井组自下而上依次为: ①棕红色含砾粉砂质粘土, 厚 1.1 m, 所含砾石成分为砂岩、灰岩, 砾径 0.5~1 cm 左右, 呈棱角~次棱角状。④棕黄、棕红色含粉砂质粘土, 厚 10.4 m; 下部夹灰白色粉砂层, 中部夹厚约 5 cm 的砂砾层, 砾石呈棱角~次棱角状; 粘土中发育水平和波纹层理。④黄红、淡黄、灰黄夹灰白色含粉砂质粘土, 厚 11.5 m; 局部发育水平和波纹层理。④网纹红土, 厚 9.3 m, 近表层改造后呈土黄色粘土。

ZK257 孔中第四系为洞庭湖组, 总厚 270.1 m, 下伏基岩为寒武系探溪组灰岩。洞庭湖组底部为厚 1.3 m 的残积灰岩质角砾层, 角砾大小 4~6 cm。下部主体为灰绿、灰白、灰黄、灰黑等色含砾粘土与粘土互层, 夹少量含粉砂质粘土和 (角) 砾石层, 厚 232.4 m。其中含砾粘土中砾石含量一般 10~25%, 所含砾石多为灰岩, 一般呈棱角状, 大小 1~4 mm。洞庭湖组顶部为一套褐黄、灰白色粘土、含粉砂质粘土, 中夹少量砂层, 厚 36.4 m, 其中下部含极少量砾石。

2. 第四系岩性特征及沉积环境

上述 ZK257 孔、ZKC4 孔和 ZKC6 孔分别大致控制了中央主断槽、断槽西侧和东侧的岩性组成, 并揭示了其沉积环境。ZKC4 孔底部砂砾层及 ZKC6 孔底部含角砾粘土主要为残坡积。ZK257 孔下部主体形成于封闭湖泊环境: 中央断槽充水后成为相对封闭的湖泊, 两侧断裂下盘相对隆起遭受风化剥蚀; 水

位降低时面状流水将两侧隆起区的风化残积角砾及粘土带至断槽中沉积,而水位上升时仅将粘土物质带入断槽沉积,如此形成了含角砾粘土与粘土层在垂向上的交替发育。由此可见,ZKC4孔底部砂砾层和ZKC6孔底部含角砾粘土与ZK257孔下部主体在沉积时代上可大致对应,只是考虑到源汇关系,后者起始沉积时间可能更早。

ZK257孔顶部岩性与ZKC4孔和ZKC6孔中上部主体的岩性可以较好对比(见图3),总体属细粒度的粘土、含粉砂质粘土组合,结合波状与水平纹理的发育,基本可确定为湖相沉积。由此可推断,在断陷晚期临澧凹陷扩张,中央断槽与两侧同时沉降并具湖泊环境,从而形成湖相粘土沉积。值得指出的是,本次断陷扩张及湖侵事件涉及整个洞庭盆地及周缘,如澧县凹陷^[18,19]、安乡凹陷^[26]、赤山隆起^[23]、华容隆起^[21,22]、沅江凹陷^[25]等。

凹陷东侧白沙井组以东为残坡积粘土层(见图2图3)覆盖,局部有前第四纪基岩出露,具丘状地貌特征。其厚一般10~20m,以网纹红土(下)和褐色铁锰裂隙土(上)为主,分别反映出中、晚更新世的堆积与风化作用。从构造古地理格局来看,该地带处于西侧的临澧凹陷和东侧安乡凹陷之间的隆起过渡带(见图1),第四纪时期由于地势相对较高而没能与两侧的凹陷边缘一道接受河、湖沉积,而是代之以剥蚀夷平以及风化准原地堆积作用。值得指出的是,由于地表粘土特征相近,加之风化-沉积作用在横向上的过渡性,使残坡积层与其西面的白沙井组粘土层之间并无截然分界。

凹陷西侧白沙井组以西,于太浮山南东面陈公垭一带发育中更新世早期的新开铺组冲积砾石层

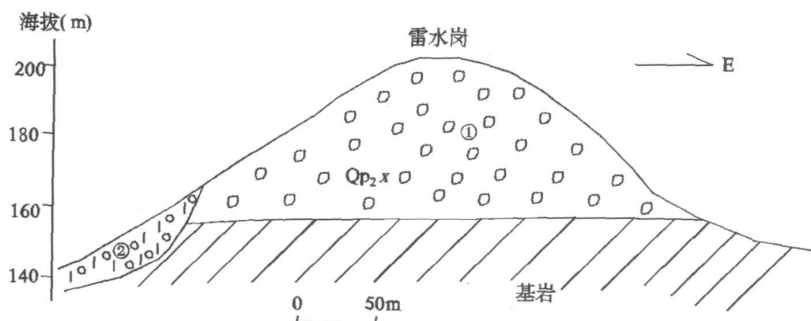
(见图2图3),其底界面高程达150m左右,组成基座阶地。在雷水岗山岭顶部于公路两侧开挖壁上见良好的冲积砾石层露头(图5)。砾石层呈红色,砾石成分主要有硅质岩、砂岩、脉石英等。砾径一般1~5cm,大者可达15cm左右;磨圆好,次圆-圆状。在山岭西面坡脚,公路边见高约6m的露头,总体为一套紫红色泥砾层,系后期坡积产物。从分布位置及地貌和水系格局来看(见图2),陈公垭一带新开铺组砾石层主要来源于北西面的太浮山地区。

3. 沉积物时代厘定

笔者近年在区域地质调查过程中,对洞庭盆地及周缘第四纪沉积采集了大量石英电子自旋共振(ESR)年龄样(送中国地质调查局海洋地质实验检测中心分析),分析结果总体显示ESR样品年龄大多偏大¹⁾,可能与风化沉积期间受光或受热不够有关。前述雷水岗山岭顶部砾石层中石英砂的ESR年龄值为1070ka如考虑本次ESR年龄值普遍偏高的系统性偏差,结合砾石层组成阶地的高程与级次,可大致确定砾石层属中更新世早期新开铺组。

地质剖面结构清楚显示,临澧凹陷西侧的白沙井组切割新开铺组(见图3),结合白沙井组上部网纹化强烈,可确证白沙井组时代厘定无误,为中更新世中期产物。

前人曾认为临澧凹陷中央断槽内沉积物时代自早更新世早期开始^[13],不过本文研究认为总体应形成于新开铺组之后,属中更新世早中期产物。具体依据如下:¹⁾地质剖面(见图3)及前文分析表明,凹陷中央洞庭湖组顶部形成时代对应于白沙井组上部主体。^④洞庭湖组下部主体对应于两侧白沙井组底部残积层且起始沉积时代较早,即洞庭湖组下部的形



¹⁾ 冲积砾石层; ④坡积泥砾层。Qp_{2x}—早更新世新开铺组

图5 雷水岗一带一带第四纪地质剖面

Fig 5 Quaternary geological section across Leishui gang

1) 湖南省地质调查院. I: 25万常德市幅区域地质调查报告, I: 25万岳阳市幅区域地质调查报告, 2009.

成时代对应于两侧白沙井组主体沉积之前的风化剥蚀期, 而该时代显然即为西部新开设组沉积之后抬升遭受切割的时期 (见图 3), 因此洞庭湖组下部应形成于中更新世早期新开设组之后。(四)作为反证, 从中央低、两侧高的古地理格局考虑, 假如洞庭湖组下部主体形成于新开设组之前或同期, 则剖面上应发育有对应于新开设组砾石层的成熟度较高的砂砾石层或砂层堆积, 可事实上没有这类沉积。 $\frac{1}{4}$ 前人对 ZK257 钻孔进行了古地磁分析 (00939 部队, 1978), 自下而上总体显示为正极性, 仅少数样品显示为负极性 (图 6)。如考虑钻进时对岩芯的扰动及样品测试通常存在的误差概率, 则测试结果可佐证洞庭湖组形成于中更新世 (布容正极性期), 而不会是早更新世 (松山反极性期)。

3.2.2 凹陷南段第四纪沉积特征

渐水现代冲积层 SN 向展布, 其东、西两侧地表为中更新世中期白沙井组, 西部白沙井组的西面发育很宽的中更新世早期新开设组 (图 2)。南部黄土山以东为沅江全新统冲积平原所叠代。根据钻孔资料、地表路线观察以及民井调查, 厘定第四系充填结构、沉积层序、控凹断裂等如图 3 所示。

1. 中央断槽沉积

中央断槽受东、西两侧南北向正断裂控制, 断槽内自下而上沉积了中更新世新开设组和白沙井组。以灌溪 ZK94 孔为例, 该孔第四系厚 78.4 m, 第四系底板高程为 -44.5 m。下部新开设组厚 30.4 m, 自下而上分别为杂色砂砾石层 (2.55 m), 浅黄色粉细砂 (5.35 m), 浅黄色、灰色粘土 (8.39 m), 浅黄色砂层 (8.50 m), 杂色砂卵石层 (2.81 m) 和浅黄色含砾石 (局部) 粘土 (2.81 m)。上部白沙井组厚 48.0 m, 底板高程为 -14.0 m, 自下而上依次为浅黄色砂层 (5.48 m), 杂色砂砾石层 (21.21 m), 浅黄色细中砂层 (3.00 m), 杂色砂砾石层 (2.50 m), 棕黄 - 棕红色砂砾石夹粘土 (7.40 m), 褐黄色、砖红色局部夹有白斑状粘土 - 亚粘土 (8.40 m), 即下部以砂砾石层为主, 上部为粘土层。结合地表高程考虑, 中央断槽内第四系厚度可达 100 m 左右 (见图 3)。从岩性特征来看, 上述新开设组和白沙井组下部属河流冲积, 白沙井组上部为湖泊沉积。补充指出, 中央断槽内沉积具覆盖区地层特征, 但由于地表沉积物难以与两侧露头区地层区分, 因此暂采用露头区地层系统命名, 而未采用覆盖区“洞庭湖组”。

往西近雷公庙断裂于冯家桥村委会院中掘有一

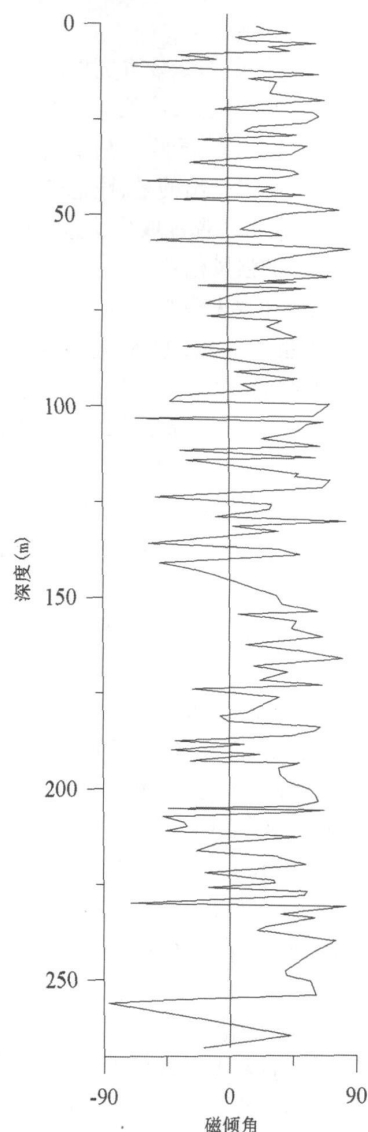


图 6 ZK257 孔古地磁倾角

Fig 6 Paleomagnetism compaction inclination of the core from ZK257 borehole

水井 (Q6 观察点), 井深达 70 m, 未及基岩。据知情者介绍, 上部粘土层厚 30 m 左右; 下部为砂层和砾石层, 厚 40 m 以上。

中央断槽上部粘土层近地表因湿热化而成为网纹红土。网纹红土之上常发育后期剥蚀再沉积 (堆积) 的褐色铁锰裂隙土, 其 OSL 年龄为 55 ka (本文, 中国地质调查局海洋地质实验检测中心分析), 显示形成于晚更新世。

此外, 中央凹陷内沿现代河流发育有条状的全新统沉积, 一般具下部砂砾层, 上部 (砂质) 粘土层的二元结构。

2. 凹陷东缘沉积

在灌溪以北, 凹陷东缘发育宽度不大的白沙井组。其岩性组成变化较大, 或见下部砾石层和上部粘土层, 或只发育上部粘土层。粘土层一般已湿热化为网纹红土。值得指出的是, 该地带残坡积层较发育, 如在石板滩北面观音堰公路边 (Q3 观察点) 发育厚 7 m 以上的强风化基岩 (原岩为寒武系泥质灰岩等), 风化后外观表现为灰黄色泥质粉砂、粉砂质粘土、粘土和蛋黄色泥质粉砂、粉砂质粘土以及网纹红土等。地表网纹化的残坡积层与白沙井组上部湖相粘土层很难区分。因此, 图 2 中所圈定的白沙井组实际包含了部分残坡积物。

在灌溪以南, 凹陷东面由于沅水的侧向侵蚀与全新世的堆积而形成冲积平原。其中黄土山尚残留一小面积孤山, 主要由白沙井组 (Q_{p2b}) 冲积物组成, 见良好人工开挖露头剖面。剖面沉积总厚约 30 m, 自下而上可分为 9 层: ①黄色砾石层夹砂质透镜体, 厚 > 4 m (未见底), 砾径 1~4 cm 为主; 砾石定向性较明显, 优势产状为 $360^\circ \angle 20^\circ$ 左右, 反映古水流方向为自北向南。④蛋黄色中-粗砂层, 厚 2.8 m, 含少量泥质。④灰白色-灰黄色泥质粉砂、粉砂质粘土互层, 厚 0.42 m, 发育水平纹层; 底部及中间夹有厚 2~20 mm 的铁盘层。④黄色砾石层夹不稳定砂层, 部分含铁锰质者为紫褐色砾石层, 厚 6.1 m。⑤黄色含砾砂层夹砾石层, 厚 2.4 m。⑥黄色砾石层夹黄色含砾砂层, 厚 4.1 m; 所夹含砾砂层中发育大型斜层理。⑧为浅灰黄色砾石层夹白色粘土层、砂层, 厚 5.5 m; 粘土层中水平层理发育; 粗砂层中见斜层理发育, 其产状为 $110^\circ \angle 15^\circ$ 左右, 指示自西向东的水流方向。⑦为灰红色-灰黄色砾石层夹含砾砂层, 厚 4.8 m。①为网纹红土, 厚约 2 m。上述黄土山剖面上的砾石成分以硅质岩、砂岩为主, 少量脉石英、灰岩。

综上述, 黄土山剖面总体为一套河道沉积的砾石层与砂层, 夹有泥沼河道 (④层与⑧层) 泥质沉积。其中⑧层沉积层序可能反映曲流河道的反复迁移过程, 砾石层为河道中砾质砂坝产物, 而粘土层则为连岸砂坝内侧泥沼河道沉积。剖面下部 (①层) 砾石扁平倾向北, 反映自北向南的古水流方向; 而中上部 (⑧层) 粗砂层中斜层理产状指示自西向东的水流方向。由此推断可能早期属渐水沉积, 后期属沅水河道沉积。

值得注意的是, 黄土山剖面堆积层序特征与前

述 ZK94 孔中的白沙井组可对比, 由此可确定为白沙井组 (Q_{p2b})。据黄土山东面附近钻孔资料, 第四系堆积的底界面高程为 5 m 左右, 高于渐水以西第四系底板 (-44.5 m) 约 50 m。由此可以推断中更新世中央凹陷较黄土山地区相对沉降约 50 m。

3. 凹陷西缘沉积

凹陷西缘依次发育白沙井组和新开铺组 (见图 2)。前者基座面高程 45 m 左右, 后者达 90~110 m, 二者呈切割关系 (图 3)。

白沙井组地表一般为浮土或坡积土覆盖。在姚家湾北面 (Q7 观察点) 当地村民所掘水井揭示白沙井组层序, 上部为粘土层, 厚约 18 m; 下部为含砾砂层, 厚约 40 m。其中表层粘土由于晚更新世改造, 变为铁锰裂隙土。据岩性特征可大致确定下部为冲积层, 上部为漫滩和湖泊沉积。

新开铺组总体为一套砾石层夹砂层和粘土层, 上部局部可见网纹红土存留, 剥蚀后现存厚度一般 15~35 m。基座面高程 90~110 m, 自东向西升高。

在新开铺组展布带的东缘, 神仙桥东约 300 m 高速公路边有一良好的人工开挖露头 (Q8 观察点), 见到志留系板岩组成的基座和第四冲积砾石层 (图 7)。砾石层自下而上可分为 3 层: 1 层为坡积成因的角砾石层, 厚 1~2 m, 呈上薄下宽的楔状; 其与基座板岩间为切割接触, 切割斜面为近 SN 走向; 角砾成分为板岩、泥质粉砂岩等。2 层为黄红色砾石层, 厚 > 4 m, 未见底; 砾石成分主要为硅质岩, 次为脉石英、砂岩、板岩等; 分选好, 砾径多为 1~3 cm; 磨圆度高, 多为次圆-圆状; 该层顶部与 3 层之间夹有厚 20 cm 左右的铁质层, 具体为紫灰色、暗紫色含砾粗砂, 局部见近水平铁盘。3 层为紫红色砾石层, 厚 3.5~4 m; 除颜色差异外, 砾石含量、成分、特征等与 3 层相近; 中夹 2~3 层厚 15 cm 左右的粗砂层, 延伸不稳定。该观察点所见大套砾石层组成一顶部高程约 115 m 的山包。周边常见大量高程与之相近的山丘 (高程 115~130 m), 系冲积阶地经后期切割剥蚀后形成。由此可以推断, 该套砾石层原始真厚度可达约 35 m 以上。

值得指出的是, 上述神仙桥剖面砾石层与基座间的界面特征显示出近南北向的古河槽方向, 这与新开铺组地表展布方向 (见图 2) 相吻合。

在新开铺组展布带的西缘, 于大周湾南西面公路边见良好的人工开挖露头。新开铺组自下而上可分为 4 层, 各层厚度横向上变化较大 (图 8)。1 层为

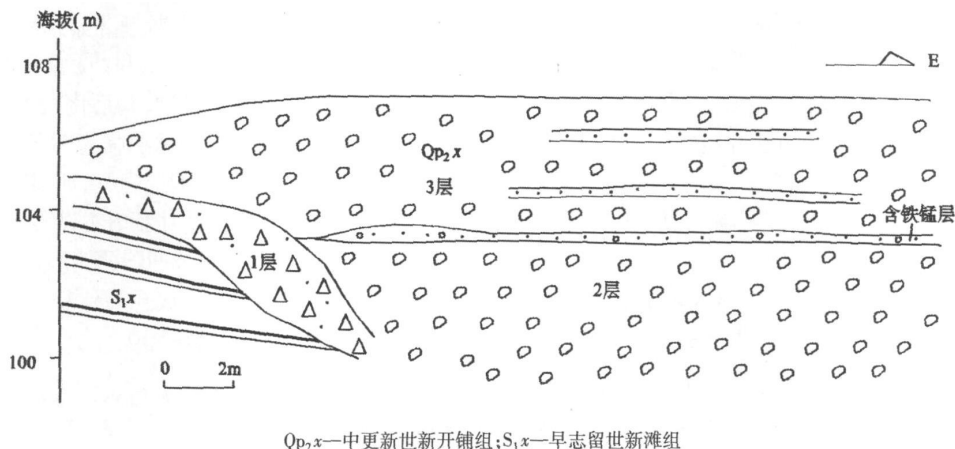


图 7 神仙桥第四系露头剖面 (Q8 观察点)

Fig. 7 Quaternary outcrop profile at Shenxianqiao (Q8 observation point)

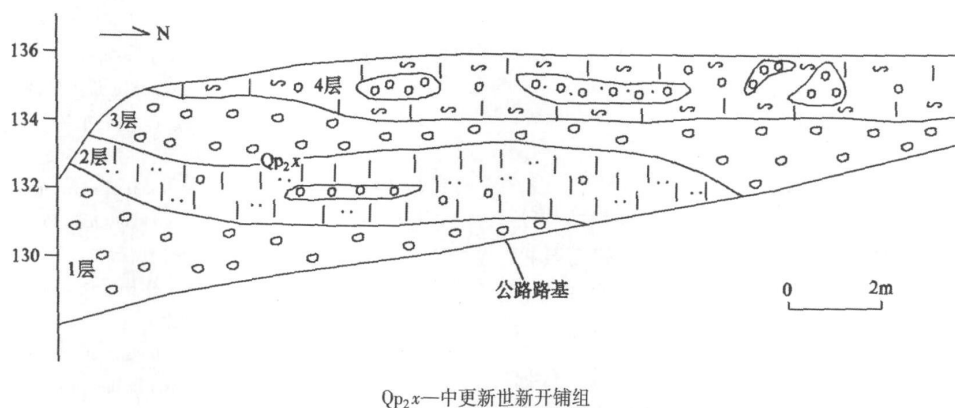


图 8 大周湾南西公路边第四系露头剖面 (Q12 观察点)

Fig. 8 Quaternary outcrop profile beside the road on southwest of Dazhouwan (Q12 observation point)

紫红色砾石层, 可见厚 0.6~2 m, 未见底。砾石分选较好, 砾径以 2~8 cm 为主; 磨圆度较高, 多呈次圆-圆状。砂岩砾石风化微弱, 反映砾石层整体风化程度不高。砾石略具定向性, 其扁夹面优势产状为 $300^\circ \angle 25^\circ \sim 30^\circ$, 反映指向 SE 的古河流方向。2 层下部为灰白色、紫红色含粉砂质粘土, 上部为灰黄色-灰白色粉砂质粘土-泥质粉砂。该层中部夹有厚 15 cm 左右的细砾石层。本层厚度不稳定, 厚 1~2.5 m, 发育水平层理。3 层为紫红色砾石层, 厚 0.8~1.5 m; 与 4 层可呈渐变过渡关系。4 层为网纹红土, 含砾网纹红土, 厚 0.8~2 m; 中央砾石透镜体或砾石层。

4 临澧凹陷第四纪构造 - 沉积与环境演化

根据前文临澧凹陷的地貌、沉积和构造特征, 重

塑凹陷第四纪构造活动、沉积作用与环境演化过程如下:

中更新世早期渐水河道由西部经太浮山南面进入临澧凹陷区, 再往南汇入沅水。南北向主河道于凹陷南段形成新开铺组冲积层, 同时来自太浮山的次级水系于其东南缘雷水岗一带形成砾石层堆积; 南部木达桥一带也接受有来自西部山地次级水系的砾石层堆积。

中更新世中期开始凹陷北段在两侧正断裂的控制下迅速大幅沉降, 形成中央断槽及狭窄的相对封闭的湖泊; 两侧断裂下盘则抬升遭受剥蚀, 其中太浮山东坡形成较多 EW 向水系汇入湖盆中。断槽内接受两侧风化剥蚀产物, 因湖泊水位升降变化形成了含角砾粘土与粘土层在垂向上的交替发育。与此同时, 凹陷南段的中央断槽也相对两侧沉降, 但沉降幅度较小; 两侧相对抬升, 西面的新开铺组一度遭受切割; 整个凹陷总体处于一种开放性的河流环境, 从而

形成白沙井组砾石层、砂层。

中更新世中后期临澧凹陷南、北段均产生扩张并处于湖泊环境。北段于中央断槽和两侧边缘分别形成了洞庭湖组上段和白沙井组的湖相泥质沉积。南段形成白沙井组上部粘土。

中更新世晚期构造反转, 临澧凹陷整体抬升而遭受剥蚀。抬升的同时具有自西向东的构造掀斜, 造成凹陷南、北段均以西侧次级水系更为发育的现代不对称水系格局。抬升高点大致位于太浮以南、雷公庙以北。南北向主干河流继承先期断陷定位, 北部水系流向北, 入道水后汇入澧水; 南部水系流向南, 通过南北向主干河流渐水汇入沅水。抬升阶段处于气候湿热期, 先期沉积上部粘土普遍网纹化, 形成网纹红土。

晚更新世因切割而开始形成丘岗地貌, 并形成改造型或坡积型的褐色铁锰裂隙土。

5 构造机制讨论

以上表明, 临澧凹陷的断陷活动及沉积作用主要在中更新世。洞庭盆地其他次级凹陷如澧县凹陷、安乡凹陷和沅江凹陷等早更新世早期即开始断陷沉降^[18 19 23-26]。临澧凹陷中更新世开始并在短时间内产生大幅断陷沉降, 其相对其他凹陷当有独特的构造活动机制。一方面, 临澧凹陷受控于整个洞庭盆地伸展断陷的统一动力背景^[18 22 30]。另一方面, 可能还与两条控凹断裂左旋走滑拉分作用的叠加有关: 已有研究表明华南地区中更新世开始区域应力场以 NW 向的水平挤压应力为主^[31], 区域 NW 向挤压作用下理论上可引起 SN 向断裂的左旋走滑运动。

6 结论

1. 临澧凹陷中央受两条 SN 向断裂控制形成断槽。凹陷北段, 中央断槽及其东、西两侧主要发育中更新世湖相沉积, 西部发育中更新世早期冲积砾石层并组成基座阶地。凹陷南段, 中央断槽主要形成中更新世早期和中期、两侧断槽主要形成中更新世中期的冲积层, 其顶部均为湖相粘土; 西部发育中更新世早期冲积层并组成堆积阶地。

2. 临澧凹陷构造活动与环境演化过程: 中更新世早期凹陷南部由渐水河道形成冲积层, 凹陷西缘来自西面山地的次级水系形成砾石层。中更新世中

期受两侧正断裂控制中央断槽开始形成并接受沉积, 北段和南段分别形成湖积和冲积; 与此同时, 凹槽西面相对抬升并遭受剥蚀, 稍后南段尚形成白沙井组冲积层。中更新世中后期临澧凹陷产生扩张, 中央断槽及其两侧处于湖泊环境并形成泥质沉积。中更新世晚期临澧凹陷整体抬升并遭受剥蚀, 同时具有自西向东的掀斜, 造成凹陷西侧水系更为发育。晚更新世因切割而开始形成丘岗地貌, 并形成改造型或坡积型的褐色铁锰裂隙土。

参考文献 (References)

- [1] Lin Chengkun Evolution of the Dongting lake and the way of management iv Sediments of the Dongting lake [J]. *Geography and Territorial Research*, 1985, 1(4): 28~ 35 [林承坤. 洞庭湖的演变与治理 (上) iv 洞庭湖的沉积 [J]. 地理学与国土研究, 1985, 1(4): 28~ 35]
- [2] Su Cheng Mo Duowen Wang Hui Evolution of Lake Dongting and its flood disasters [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2001, 8(2): 52~ 55, 87 [苏成, 莫多闻, 王辉. 洞庭湖的形成、演变与洪涝灾害 [J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 52~ 55 87]
- [3] Du Yun, Yin Hongfu Study on historical environment in Dongting Lake area [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2003, 28(2): 214~ 218 [杜耘, 殷鸿福. 洞庭湖历史时期环境研究 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2003, 28(2): 214~ 218]
- [4] Liang Xing Zhang Renquan Pi Jiangao et al Characteristics of tectonic movement of dongting basin in the quaternary period [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2001, 20(2): 11~ 14 [梁杏, 张人权, 皮建高, 等. 洞庭盆地第四纪构造活动特征 [J]. 地质科技情报, 2001, 20(2): 11~ 14]
- [5] Jin Cunyi Formation and evolution of the Dongting basin [J]. *Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition)*, 1982 (2): 52~ 60 [景存义. 洞庭湖的形成与演变 [J]. 南京师院学报自然科学版, 1982 (2): 52~ 60]
- [6] Yang Dayuan On the evolution of the Dongting Lake during holocene and the way of management [J]. *Geographical Research*, 1986, 5(3): 39~ 46 [杨达源. 洞庭湖的演变及其整治 [J]. 地理研究, 1986 5(3): 39~ 46]
- [7] Pi Jiangao Zhang Guoliang Liang Xing et al Preliminary research on sedimentary environment evolution Dongting Basin in the Quaternary period [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2001, 20(2): 6~ 10 [皮建高, 张国梁, 梁杏, 等. 洞庭盆地第四纪沉积环境演变的初步分析 [J]. 地质科学情报, 2001, 20(2): 6~ 10]
- [8] Cai Shuming Guan Zhe Kong Zhaochen et al Natural environment as reflected in sedimentary Dongting basin in Quaternary [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1984, 15(6): 527~ 539 [蔡述明, 官子和, 孔昭宸, 等. 从岩相特征和孢粉组合探讨洞庭盆地第四纪自然环境的变迁 [J]. 海洋与湖沼, 1984, 15(6): 527~ 539]
- [9] Zhang Renquan Liang Xing Zhang Guoliang et al A preliminary

- study of climatic change in Dongting Lake area in the quaternary period [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2001, 20 (2): 1~5 [张人权, 梁杏, 张国梁, 等. 洞庭湖区第四纪气候变化的初步探讨 [J]. 地质科技情况, 2001, 20(2): 1~5]
- [10] Li Chang' an, Zhang Yufen, Pi Jianguo, *et al* 2006 Discovery of the ancient lakefront gravels in Dongting lake and its significance [J]. *Quaternary Sciences*, 26(3): 491~ 492 [李长安, 张玉芬, 皮建高, 等. 洞庭湖古湖滨砾石层的发现及意义 [J]. 第四纪研究, 2006, 26(3): 491~ 492]
- [11] Xu Jie, Deng Qilong, Zhang Yuxin, *et al* Structural features and seismicity in Jiangnan-Dongting Lake basin [J]. *Seismology and Geology*, 1991, 13(4): 332~ 342 [徐杰, 邓起东, 张玉岫, 等. 江汉 – 洞庭盆地构造特征和地震活动的初步分析 [J]. 地震地质, 1991, 13(4): 332~ 342]
- [12] Liu Suowang, Gan Jiasi, Li Rongchuan, *et al* Asymmetric extension and hidden earthquake risk in Jiangnan-Dongting basin (JDB) [J]. *Crustal Deformation and Earthquake*, 1994, 14(2): 56~ 66 [刘锁旺, 甘家思, 李蓉川, 等. 江汉洞庭盆地的非对称扩张与潜在地震危险性 [J]. 地壳形变与地震, 1994, 14(2): 56~ 66]
- [13] Xue Hongjiao, Gen Ailin, Gong Ping Extension characteristics of river system and neotectonic movement in the Jiangnan-Dongting basin [J]. *Crustal Deformation and Earthquake*, 1996, 16(4): 58~ 65 [薛宏交, 耿爱玲, 龚平. 江汉洞庭盆地水系展布特征与新构造运动 [J]. 地壳形变与地震, 1996, 16(4): 58~ 65]
- [14] Liang Xing, Zhang Renquan, Pi Jianguo, *et al* Contributions of tectonic subsidence to the modern Dongting lake area evolution [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, 32(6): 690~ 696 [梁杏, 张人权, 皮建高, 等. 构造沉降对近代洞庭湖区演变的贡献 [J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(6): 690~ 696]
- [15] Pi Jianguo, Pan Sheng Characteristics of tectonic subsidence and monitoring project in Dongting Lake area [J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2005, 16(1): 9~ 12 [皮建高, 潘晟. 洞庭湖区构造沉降特征及监测方案 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(1): 9~ 12]
- [16] Wang Daojing, Huang Huaiyong Dongtinghumodern tectonics and its basin evolution [J]. *Hunan Geology*, 2000, 19(1): 30~ 36 [王道经, 黄怀勇. 洞庭湖现代构造与湖盆演变 [J]. 湖南地质, 2000, 19(1): 30~ 36]
- [17] Li Chunchu Tectonic subsidence in relation to modern Dongting Lake evolution: review on “Dongting Lake geology environmental system analysis” [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2000, 31(4): 460~ 464 [李春初. 构造沉降是控制近代洞庭湖演变的关键因素吗? ——评《洞庭湖地质环境系统分析》[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(4): 460~ 464]
- [18] Bai Daoyuan, Gao Feng, Ma Tiejun, *et al* Quaternary deposits and paleogeographic evolution in the Lixian depression, Dongting basin, Hunan [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2009, 29(4): 10~ 21 [柏道远, 高峰, 马铁球, 等. 洞庭盆地澧县凹陷第四纪沉积特征与古地理演化 [J]. 沉积与特提斯地质, 2009, 29(4): 10~ 21]
- [19] Bai Daoyuan, Li Chang' an, Wang Xianhui, *et al* Tectonic Activities and Dynamic Mechanisms of the Quaternary Lixian sag of Dongting Basin [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2010, 31(1): 43~ 45 [柏道远, 李长安, 王先辉, 等. 第四纪洞庭盆地澧县凹陷构造活动特征及动力学机制探讨 [J]. 地球学报, 2010, 31(1): 43~ 45]
- [20] Bai Daoyuan, Ni Yanjun, Zhou Kejun, *et al* Origin of the Quaternary Muddy Gavel Deposits in Huanggushan of Jinshi City, Hunan Province [J]. *Tropical Geography*, 2009, 29(6): 594~ 599 [柏道远, 倪艳军, 周柯军, 等. 湖南津市黄姑山第四纪泥砾混杂堆积成因探讨 [J]. 热带地理, 2009, 29(6): 594~ 599]
- [21] Bai Daoyuan, Wu Nengjie, Li Chang' an, *et al* Quaternary tectonic and sedimentary characteristics and geological evolution of the Huarong uplift and its adjacent areas [J]. *Geology in China*, 2010, 37(5), in press [柏道远, 吴能杰, 李长安, 等. 华容隆起及周缘第四纪构造 – 沉积特征与演化 [J]. 中国地质, 2010, 37(5), 待刊]
- [22] Bai Daoyuan, Li Chang' an, Wang Xianhui, *et al* Tectonic activities, genesis and dynamic mechanisms of Quaternary Huarong uplift [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2010, 45(2): 411~ 427 [柏道远, 李长安, 王先辉, 等. 第四纪华容隆起构造活动、成因及动力机制 [J]. 地质科学, 2010, 45(2): 411~ 427]
- [23] Bai Daoyuan, Li Chang' an, Zhou Kejun, *et al* Geological characteristics and tectonic-sedimentary coupling relation of the Chishan uplift and Anxiang sag of Quaternary Dongting Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(5), in press [柏道远, 李长安, 周柯军, 等. 第四纪洞庭盆地赤山隆起与安乡凹陷升降运动的沉积记录 [J]. 沉积学报, 2010, 28(5), 待刊]
- [24] Bai Daoyuan, Li Chang' an, Chen Duping, *et al* Heavy minerals characteristics of sediments in Lianghucun borehole and their responses to the Quaternary tectonic movement and environmental evolutions of the Dongting Basin [J]. *Geological Review*, 2010, 56(2), in press [柏道远, 李长安, 陈渡平, 等. 洞庭盆地两护村孔重矿物特征及其对第四纪构造活动与环境演变的响应 [J]. 地质论评, 2010, 56(2): 246~ 260]
- [25] Bai Daoyuan, Zhou Kejun, Ma Tiejun, *et al* Study on the Quaternary tectonic-sedimentary evolution of Lujiào area, east wedge of the Yuanjiang sag of Dongting Basin [J]. *Journal of Geomechanics*, 2009, 15(4): 409~ 420 [柏道远, 周柯军, 马铁球, 等. 第四纪洞庭盆地沅江凹陷东缘鹿角地区构造 – 沉积演化研究 [J]. 地质力学学报, 2009, 15(4): 409~ 420]
- [26] Bai Daoyuan, Li Chang' an, Ma Tiejun, *et al* Quaternary tectonic-sedimentary characteristics and environmental evolution of Anxiang sag in Dongting basin and its west periphery [J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2010, 32(2): 120~ 129 [柏道远, 李长安, 马铁球, 等. 第四纪洞庭盆地安乡凹陷及西缘构造 – 沉积特征与环境演化 [J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(2): 120~ 129]
- [27] Bai Daoyuan, Li Songwen, Zhou Kejun, *et al* Tectonic-sedimentary landform classification of 1: 250000 Changde Sheet and its implication for researches on Quaternary geology and environment of Jiangnan-Dongting basin [J]. *Geology in China*, 2010, 37(2): 280~ 297 [柏道远, 李送文, 周柯军, 等. 1: 25万常德市幅构造 – 沉积地貌类型划分及其对江汉 – 洞庭盆地第四纪地质与环境研究的启示 [J]. 中国地质, 2010, 37(2): 280~ 297]
- [28] Bai Daoyuan, Ni Yanjun, Li Songwen, *et al* A geometrical and

kinematic analysis of the Early - Mesozoic Yueyang - Chibi fault-thrust belt in southern Jiangnan orogen [J]. *Geology in China*, 2009, 36(5): 996~ 1009 [柏道远, 倪艳军, 李送文, 等. 江南造山带北部早中生代岳阳 - 赤壁断褶带构造特征及变形机制研究 [J]. 中国地质, 2009, 36(5): 996~ 1009]

- [29] Bai Daoyuan, Liu Ba, Ni Yanjun *et al*. Characteristics of basin-controlling faults, basin quality and dynamic mechanisms of the Xiangyin sag in northeastern Hunan [J]. *Resources Survey & Environment*, 2010, 31(3), in press [柏道远, 刘波, 倪艳军, 等. 湘东北湘阴凹陷控盆断裂特征、盆地性质及动力机制研究 [J].

资源调查与环境, 2010, 31(3), 待刊]

- [30] Bai Daoyuan, Li Chang'an, Wang Xianhui *et al*. Quaternary tectonic characteristics and dynamic mechanisms of the Dongting basin [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2010, 34(3): 317~ 330 [柏道远, 李长安, 王先辉, 等. 第四纪洞庭盆地构造性质及动力机制探讨 [J]. 大地构造与成矿学, 2010, 34(3): 317~ 330]
- [31] Wan Tianfeng. Tectonic event and stress field of Quaternary in China [J]. *Quaternary Sciences*, 1994, 14(1): 48~ 55 [万天丰. 中国第四纪的构造事件与应力场 [J]. 第四纪研究, 1994(1): 48~ 55]

Quaternary Tectonic-sedimentary Characteristics and Environmental Evolution of Linli sag Dongting Basin

BAI Daoyuan^{1, 2}, LIU Bo³, LI Chang'an², MA Tieqiu¹, WANG Xianhui¹, PENG Yunyi¹

(1 Hunan Institute of Geology Survey, Changsha 410011, China; 2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 3. Geological Environmental Monitoring Station of Changde, Changde 415000, China)

Abstract Linli sag is western one of the secondary tectonic units of the Dongting basin, and is located between Wuling up lift and Taiyangshan up lift. Detailed geologic mapping and bore data was taken to study on the Quaternary tectonic and sedimentary characteristics and environmental evolution of Linli sag. The sag trend north with about 55 km length and 5~ 10 km width. Controlled by SN-trending Leigongniao fault and Jianshui fault, there occurred faulted trough at center of the sag. The sag can be divided into two segment from south to north with pre-Quaternary basement uplifting at center. At the north segment of the sag, in the faulted trough there occurred Middle Pleistocene Dongtinghu Formation with maximum thickness of 270 m that is mainly composed of gravel-bearing clay and clay with the top part composed of clay and silt-bearing clay. To east of the trough there exist from west to east silt-bearing clay and clay of middle Pleistocene Baishajin Formation and Pleistocene residual soil. To west of the trough there exist from east to west silt-bearing clay and clay of Baishajin Formation and gravels of early Middle Pleistocene Xinkaipu Formation making up base terrace. At the south segment of the sag, in the faulted trough there occurred early-middle Pleistocene about 100 m-thick deposits composed of top lacustrine clay and low alluvial deposits. To east of the trough there exist alluvial deposits of Baishajin Formation. To west of the trough there exist from east to west alluvial gravel-bearing sands and lacustrine clay of Baishajin Formation and alluvial sand-gravel layers of Xinkaipu Formation making up terrace. Based on geomorphologic, sedimentary and fault characteristics, evolution of the Quaternary tectonic and environment is defined. Jianshui river entered into Linli sag and flowed south into Yuanshui river; while alluvial deposits were formed at south segment of the sag during early-middle Pleistocene; in the same time, secondary rivers from west mountains formed gravels in the west periphery of the sag. Controlled by normal faults on two sides, the center faulted trough formed and received deposits during middle Pleistocene, when there existed closed lake at north segment and river at south segment. In the same time, the areas to the west of the sag rose and were denuded, and then Baishajin Formation formed in the south. During middle-late Middle Pleistocene, south and north segment of Linli sag expanded, when there occurred lacustrine clay in the center faulted trough and on two sides. Linli sag rose and suffered with denudation and variegated red earth was formed during late Middle Pleistocene, when there exist tilting east which caused that there occurred more and longer rivers on the west side than east side. There occurred hilly landforms under cutting and denudation during Late Pleistocene, when residual iron and manganese-bearing clay was formed. Linli sag was controlled by regional extensional tectonic setting and was probably related with strike-slip pull-apart faults.

Key words Quaternary, Linli sag, faulted subsidence, sediment, environmental evolution